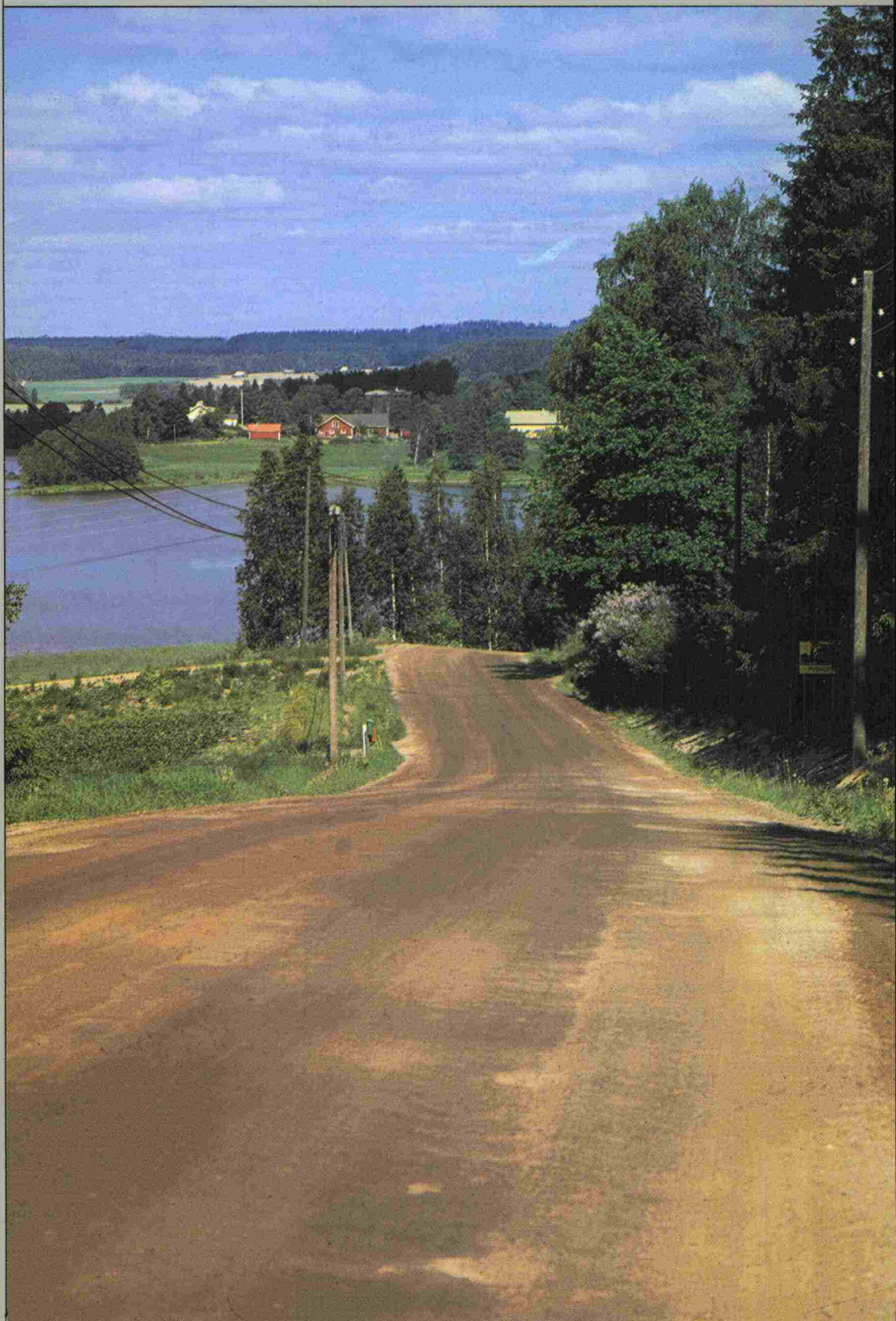




Tielaitos

Tiina Salmela, Vesa Männistö, Kari Hiltunen

Soratien tasaisuustunnusluku



**Tielaitoksen
selvityksiä
62/1995**

Helsinki 1995

Keskushallinto

Tielaitoksen selvityksiä
62/1995

Tiina Salmela, Vesa Männistö, Kari Hiltunen

Soratien tasaisuustunnusluku

Tielaitos
Keskushallinto

Helsinki 1995

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-131-4
TIEL 3200337
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1995

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotepalvelut
Telefax (90) 1487 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Salmela, Tiina, Männistö, Vesa ja Hiltunen, Kari: Soratien tasaisuustunnusluku. Helsinki 1995. Tielaitos, keskushallinto. Tielaitoksen selvityksiä 62/1995. TIEL 3200337, ISBN 951-726-131-4, ISSN 0788-3722.

Aiheluokka: 32

Asiasanat: Soratiet, tasaisuus, tunnusluvut

TIIVISTELMÄ

Suomessa on yleisiä sorateita noin 28 800 km eli 37 % tieverkosta. Näiden teiden kunnossapitoon käytetään vuosittain 300 - 400 Mmk.

Päällystetyillä teillä on ollut yhtenäinen tasaisuusluokitus vuodesta 1989 lähtien. Sorateilla tasaisuus sisältyy samaan luokitukseen irtoaineksen ja pölyn kanssa.

Tieverkon kunto on keskeinen osa laitoksen tulostavoitteissa ja sorateiden kunnan hallintaan liittyviä kehittämisprojekteja onkin aloitettu vuonna 1994 tehdyn tarvekartoituksen pohjalta. Yksi kunnan hallinnan tärkeimmistä asioista on määrittää käytettävät kuntomuuttajat sekä niiden luokkarajat.

Tässä raportissa kuvataan soratien tasaisuustunnusluvun kehittämistä. Tavoitteena on ollut määrittää tunnusluku, joka kuvaa soratien pitkittäistasaisuuden vaikutusta tienkäyttäjän ajomukavuuteen. Saatua tasaisuustunnuslukua pitäisi myös voida käyttää sorateiden kunnossapidon laadun suunnittelussa ja seurannassa.

Tasaisuustunnusluvun kehittäminen perustui noin 100 soratieosuu- den tasaisuusmittaukseen ja ajopaneelistä saatuihin samojen osuuk- sien ajomukavuusarvosanoihin. Aineiston tilastollisella käsittelyllä selvitettiin, miten herkästi eri aallonpituuksien epätasaisuudet vaikutta- vat ajomukavuuteen.

Tämän jälkeen muodostettiin tasaisuustunnusluku, jonka mittayksikkö on "epätasaisuus mm / tiemetri". Epätasaisuuden määrä lasketaan korjaamalla saatua mittaustulosta eri aallonpituusvälien ajomukavuus- herkkyyttä kuvaavilla kertoimilla.

Saadun tunnusluvun selitysasetta verrattiin mm. kansainvälisen ta- saisuusindeksiin, IRI:n, selitysasasteeseen. Muuttujien väliset erot olivat kuitenkin niin pieniä, että tehdyn tutkimuksen perusteella ehdotetaan käytettäväksi perinteistä tien tasaisuustunnuslukua, IRIä, myös sora- teiden tasaisuuden ja ajomukavuuden kuvaamiseen.

Soratien kunnossapidon laadunseurantaan IRI ei sellaisenaan sovel- lu. Tutkimuksessa ehdotetaan, että laadunseurannan mittarina käytet- täisiin IRI-arvon muutosta verrattuna syyskunnostuksen jälkeen mi- tattuun arvoon.

Keywords: Gravel Roads, Road Roughness, Road Characteristics

ABSTRACT

The road network in Finland contains 28800 km or 37 % unpaved gravel roads. The cost of annual maintenance and rehabilitation of these gravel roads is 300 - 400 MFIM.

Paved road network has had a unitary roughness classification from the year 1989. In unpaved gravel roads roughness is one part of a condition variable that includes also dust and looseness of the road surface.

The condition of the road network is an essential part of FinnRA's objectives and therefore several development projects of unpaved gravel roads condition management have been started in FinnRA. All the projects are based on a feasibility study done in 1994. One key part of condition management is to define condition variables to be used, together with their classlimits.

The process of developing a roughness variable for gravel roads is presented in this report. The objective of this study was to define a variable, which describes how the longitudinal roughness of the gravel road influences the riding comfort. The variable chosen should also be used in quality control of planning and in follow-up of maintenance actions.

The development of roughness variable is based on roughness measurements and riding comfort questionnaire of approximately 100 gravel road sections. Sensitivity of riding comfort to roughness with different wavelength was examined with statistical analysis.

A roughness variable was formulated according to this analysis. Variable's unit of measure was roughness mm / road meter. The amount of roughness was calculated by correcting the original roughness measures using factors that describe impacts of wavelengths to riding comfort.

The variable was compared to different roughness variables, including the international roughness index, IRI. The differences between these variables were, from the statistical point of view, so slight that as a result of this project the international roughness index, IRI, is recommended to be used also on unpaved roads to describe roughness and riding comfort.

For the quality control of gravel roads IRI itself doesn't apply. In this study is proposed that as a incator for quality control could be used the difference between IRI which is measured in a summer and IRI measured after former falls maintenance actions.

Alkusanat

Tielaitoksen keskushallinto käynnisti vuonna 1994 selvityksen sorateiden ylläpidon kehittämistarpeista. Selvitys johti siihen, että vuonna 1995 käynnistettiin kaksi sorateiden hallintaan liittyvää kehitysprojektiä:

- *Soratien palvelutason määrittäminen ja*
- *Soratien rakenteellisen kunnon määrittäminen.*

Näistä ensin mainittuun liittyen tehtiin tämä tutkimus, tavoitteena määrittää tunnusluku, joka kuvaa tienkäyttäjän ajomukavuutta sorateilla ja jota voidaan käyttää sorateiden kunnossapidon laadun seurannassa.

Tutkimusraportin laadinnasta ovat vastanneet DI Tiina Salmela ja FM Kari Hiltunen tielaitoksen tutkimuskeskuksesta sekä FM Vesa Mänistö Inframan Oy:stä.

Helsingissä joulukuussa 1995

Tielaitos
Tutkimuskeskus

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	9
2 TYÖVAIHEET	10
3 TIEN TASAISUUSANALYSAATTORIN KEHITTÄMINEN	11
4 ALUSTAVAN TASAISUUSKUVAUKSEN MÄÄRITTELY	12
5 AJOPANEELIN JÄRJESTÄMINEN	13
5.1 Reitin valinta	13
5.2 Paneelin suoritus	13
5.3 Kuntoarvo	14
5.4 Tasaisuusmittaus	14
6 TULOKSET	14
6.1 Käytetyt muuttujat	14
6.2 Analyysin tulokset	18
7 IRI JA KUNNOSSAPIDON LAADUNSEURANTA	20
8 SUOSITUKSET JATKOTOIMIKSI	20
LÄHDELUETTELO	22

Liite 1: Ajopaneelin koeosuudet

Liite 2: Ajopaneelin osanottajat

Liite 3: Ajopaneelin tulokset

1 JOHDANTO

Suomessa on yleisiä sorateita 28 800 km eli 37 % tieverkosta. Näiden teiden kunnossapitoon käytetään vuosittain 300 - 400 Mmk.

Tieverkon kunto on keskeinen osa laitoksen tulostavoitteissa. Tavoitteiden asettaminen ja mittaaminen edellyttää, että laitos voi ymmärrettävällä ja objektiivisella tavalla kuvata tieverkon kuntoa. Päälystettyjä teitä varten on ollut olemassa yhteisesti hyväksytyt kuntomuuttajat ja yhtenäinen kuntoluokitus jo vuodesta 1989 lähtien. Sorateiden osalta tilanne on ollut sikäli erilainen, että pintakuntoa on arvioitu yhdellä muuttujalla, joka kattaa tien tasaisuuden, pölyn ja irtoaineksen. Tämän muuttujan luokitus on mahdollinen vain valokuvien avulla.

Sorateiden kunnon hallintaan liittyvät ongelmat ja kehittämistarpeet kartoitettiin syksyllä 1994. /1/ Kartoituksen pohjalta käynnistettiin vuoden 1995 alussa kaksi kehittämisprojektia:

- 1 Soratien palvelutason määrittäminen -projekti, joka sisältää seuraavat vaiheet:
 - tasaisuustunnusluvun kehittäminen
 - ajokustannusten selvittäminen
 - palvelutason seurantalaitteiston kehittäminen.
- 2 Soratien rakenteellisen kunnon määrittäminen -projekti.

Soratien palvelutason määrittäminen -projektin tavoitteena on löytää sellainen palvelutaso, joka on edullisin sekä tienkäyttäjän että tienpitäjän kannalta.

Tässä raportissa kuvataan soratien tasaisuustunnusluvun kehittämistä. Tavoitteena on ollut tunnusluku, joka kuvaa soratien pitkäikäisyyden vaikutusta tienkäyttäjän ajomukavuuteen. Lisäksi tunnusluvun tulee olla pääteltävissä tien tasaisuusmittausten tiedoista.

Tasaisuustunnuslukua pitäisi voida käyttää sorateiden kunnossapidon laadun suunnittelussa ja seurannassa. Käytännössä tämä tapahtuisi siten, että kunnossapidon tulostavoitteissa ja urakkasopimuksissa määriteltäisiin sorateille hyväksyttävä tasaisuustaso ja sallitut poikkeamat. Saavutettua tasaisuutta seurattaisiin määräaikaisten mittauksin.

Raportin ovat laatineet Tiina Salmela, Vesa Männistö ja Kari Hiltunen tielaitoksen tutkimuskeskuksesta. Muita keskeisiä henkilöitä projektissa ovat olleet projektin tilaajan edustaja Juhani Pulkkanen tienpidon suunnittelu -yksiköstä sekä ajopaneelien käytännön järjestelyistä

vastanneet Sirkka Lahtinen Hämeen tiepiiristä ja Leena Huttunen Savo-Karjalan tiepiiristä.

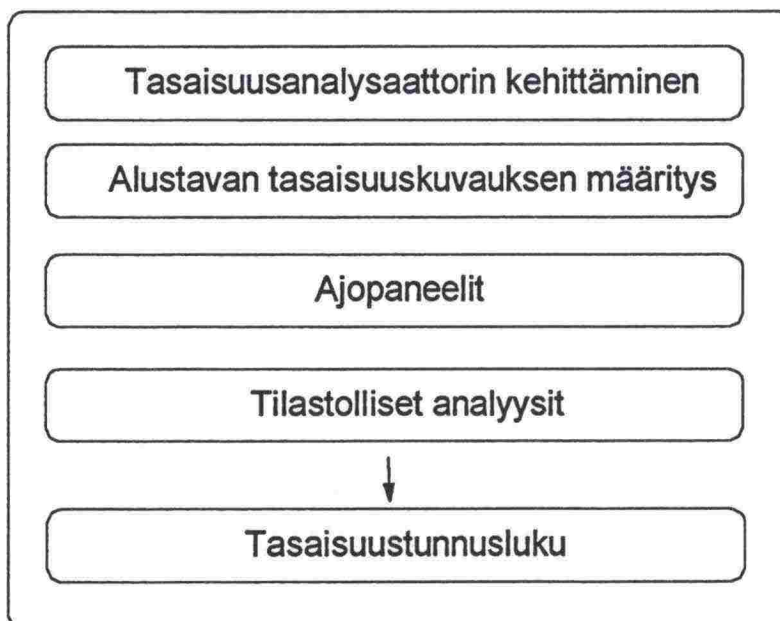
2 TYÖVAIHEET

Työ jaettiin neljään vaiheeseen (kuva 1). Ensimmäisessä vaiheessa kehiteltiin tien epätasaisuutta mittaava laite, jota hyödynnettiin projektin aikana. Tätä työtä kuvataan luvussa 3.

Toisessa vaiheessa tehtiin tien pitkittäiselle tasaisuudelle alustava luokitus, jota käytettiin ajopaneelissa kohteiden ajomukavuuden arvosteluun. Luokitus on kuvattu luvussa 4.

Kolmannessa vaiheessa järjestettiin ajopaneeli, jossa testattiin, miten tietty tien käyttäjäryhmä käytännössä kokee tien tasaisuuden ja arvioi soratien ajomukavuutta. Tämän lisäksi ajopaneelin koeosuudet mitattiin vaiheessa 1 tehdyllä tasaisuusmittarilla. Ajopaneelin järjestelyt ja perustiedot ovat luvussa 5.

Neljännessä vaiheessa vertailtiin tilastollisilla menetelmillä, miten erilaiset tasaisuustunnusluvut pystyvät selittämään tienkäyttäjän kokemaa ajomukavuutta. Analyysien perusteella näistä valittiin sopivin tunnusluku, jota ehdotetaan käytettäväksi soratien tasaisuuden ja ajomukavuuden mittarina. Tälle valitulle tunnusluvulle pyrittiin myös määrittelemään luokitus ja siinä tarvittavat raja-arvot. Tulokset on esitetty luvussa 6.



Kuva 1. Projektin työvaiheet

3 TIEN TASAISUUSANALYSAATTORIN KEHITTÄMINEN

Soratien pitkittäistasaisuuden mittaamiseen kehitettiin laite, jota kutsutaan tasaisuusanalysaattoriksi. Laitteiston pääkomponentit ovat /2/

- henkilöauton taka-akseliin kiinnitetty kiihtyvyyssanturi, joka seuraa akselin pystysuoraa liikettä ja
- kiihtyvyyssanturiin ja auton matkamittariin yhdistetty prosessori, joka tulkitsee mittausdataa ja tuottaa tasaisuustiedot.

Laitteen ohjelmisto sisältää digitaalisia suodattimia, jotka jakavat kiihtyvyyssanturin tuottaman pystynopeustiedon 12 aallonpituuskaistalle. Laite tuottaa siis tien tasaisuusspektrin, jossa tienpinnan vaihtelut on eritelty 12 aallonpituusvälin siirtymäsummiksi eli epätasaisuusmääriksi.

Vertaamalla näitä kaistoittaisia epätasaisuusmääriä esimerkiksi ajomukavuusarvosanoihin, joita kuljettajat antavat vastaavilta tieosuuksilta, voidaan selvittää, minkä aallonpituusalueen epätasaisuudet ovat tienkäyttäjille erityisen epämiellyttäviä.

Kaistojen aallonpituuskeskiarvot ja vastaavat taajuudet ajettaessa 80 km/h, taajuusrajat sekä näytteenottotaajuudet on kuvattu taulukossa 1. Näytteenottotaajuudet on valittu siten, että eri kaistoille kertyvät epätasaisuusmäärät ovat vertailukelpoisia.

Taulukko 1. Tasaisuusanalysaattorin kaistat

Numero	Aallonpituus m	Taajuus/ 80 km/h Hz	Kaistan taajuusalue Hz	Näyte Hz
1	31,4	0,71	0,59...0,84	8,9
2	22,2	1	0,84...1,19	12,5
3	15,7	1,41	1,19...1,68	17,6
4	11,1	2	1,68...2,38	25
5	7,85	2,83	2,38...3,36	35,4
6	5,55	4	3,36...4,76	50
7	3,92	5,66	4,76...6,73	70,8
8	2,78	8	6,73...9,51	100
9	1,96	11,3	9,51...13,5	141
10	1,39	16	13,5...19,0	200
11	0,98	22,6	19,0...26,9	282
12	0,69	32	26,9...37,9	400

4 ALUSTAVAN TASAISUUSKUVAUKSEN MÄÄRITTELY

Alustava kuvaus sorateiden tasaisuudesta tehtiin huhtikuussa 1995 Salossa siten, että asiantuntijaryhmä ajoi tasaisuudeltaan erilaisista teistä koostuvan reitin ja kokosi saamansa tuntuman perusteella neliportaisen luokituksen ajopaneeleissa käytettäväksi. Alustava luokitus on esitetty taulukossa 2.

Ryhmään kuuluivat Asko Pöyhönen Tuotannon palvelukeskuksesta, Pasi Hyytiä Turun tiepiiristä, Jarkko Karttunen Tampereen teknillisestä korkeakoulusta sekä Pekka Räty, Kari Hiltunen ja Tiina Salmela Tutkimuskeskuksesta.

Taulukko 2. Alustava tasaisuusluokitus

LUOKKA	KUVAUS
I	Tie on tasainen, joskin siinä voi olla satunnaisia kuoppia. Ajaminen on miellyttävää.
II	Tiessä on kuoppia tai vähäistä epätasaisuutta, joka ei juurikaan vaikuta ajomukavuuteen. Kuopat on helppo väistää.
III	Tiessä on kuoppia tai kohoumia, joiden vuoksi tien pintaa on tarkkailtava ja ajolinjoja vaihdettava. Ajomukavuus heikkenee yksittäisten keinahdusten tai jatkuvan pienen tärinän vuoksi.
IV	Ajonopeus pienenee, koska kuoppia, kohoumia ja "pyykkilautaa" on niin paljon, että niitä ei voi väistää tai on väisteltävä jatkuvasti. Auto keinahtelee ja tärisee. Ajaminen on epämiellyttävää.

5 AJOPANEELIN JÄRJESTÄMINEN

5.1 Reitin valinta

Ajopaneelit järjestettiin toukuussa 1995 Hämeen piirissä Hämeenkyrössä ja Savo-Karjalan piirissä Tuusniemellä. Reiteille pyrittiin valitsemaan mahdollisimman paljon kunnoltaan toisistaan poikkeavia arvostelukohteita, joiden määräksi oli sovittu 50 - 70. Arvosteltavan koeosuuden pituudeksi valittiin 100 metriä. Osuuden pituus on melko lyhyt, mutta soratien luonteen takia (pienipiirteistä, kunnoltaan nopeasti vaihtelevaa) ajateltiin, että pidemmillä osuuksilla tien kunnan vaihtelut olisivat vaikeuttaneet arvostelua. Kohteiden välisen etäisyyden tuli olla vähintään 500 m. Perustiedot kummastakin ajopaneelistä on kerätty taulukkoon 3.

Sirkka Lahtinen ja Matti Aarnio Hämeen tiepiiristä sekä Leena Huttunen ja Jukka Ikonen Savo-Karjalan tiepiiristä valitsivat alustavat reitit. Arvioitavat kohteet merkittiin maastoon selkeästi näkyvillä paaluilla. Päivää ennen paneelia kirjaajat ajoivat reitit läpi ja kohteisiin tehtiin muutamia viime hetken muutoksia siten, että mukaan saatiin ajopaneelleita edeltäneiden päivien aikana huonoiksi menneitä tieosia.

Kartat ajopaneelireiteistä ovat liitteessä 1.

Taulukko 3. Ajopaneelien perustiedot

Paikka ja aika	Hämeenkyrö 30.5.1995	Tuusniemi 23.5.1995
Sääolot	Aurinkoinen	Pilvinen, osittain sateinen
Reitin pituus	70 km	60 km
kohteiden määrä	53	53

5.2 Paneelin suoritus

Paneelin tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä, miten "tavallinen autoilija" kokee tien kunnan. Savo-Karjalassa paneeliin osallistui tiepiirin henkilöstön lisäksi myös laitoksen ulkopuolisia henkilöitä, Hämeessä panelistit olivat yhtä lukuunottamatta tiepiirin henkilöstöä.

Peruutusten jälkeen osallistujia oli yhteensä 46, joista 15 oli tielaitoksen ulkopuolisia. Paneeleihin osallistujien lisäksi myös osa kirjureista arvosteli reitin varsinaista paneelia edeltävänä päivänä. Liitteessä 2 on luettelo osallistujista.

Paneelin osallistujat kokoontuivat tiemestaripiirien tiloihin kahdeksan hengen ryhminä. Ryhmille esiteltiin lyhyesti projektin tausta sekä ajopaneelin tarkoitus ja sen jälkeen osallistujat ajoivat reitin läpi omalla autollaan. Osallistujilla oli kyydissä kirjaaja, joka tunsu reitin, antoi tarvittavat ajokohteet ja kertoi arvioitavien osuuksien alku- ja loppupisteet. Osuudet arvosteltiin antamalla niille arvosanoja taulukossa 2 olevan luokituksen mukaisesti. Ajonopeutensa kukin osallistuja sai pitää sellaisena, mikä itsestä tuntui luontevalta, ja käytetyt ajonopeudet kirjattiin muistiin.

5.3 Kuntoarvo

Ajomukavuuden lisäksi Asko Pöyhönen Tuotannon palvelukeskuksesta ja Ismo Iso-Heiniemi Tutkimuskeskuksesta antoivat kullekin koeosuudelle nykykäytännön mukaisen kuntoarvon, joista laskettiin keskiarvot myöhempää analysointia varten.

5.4 Tasaisuusmittaus

Ajopaneelin koeosuudet mitattiin tasaisuusmittarilla siten, että pitkitäiset epätasaisuusmäärät eriteltiin 12 aallonpituusvälin siirtymäsummiksi. Epätasaisuudet mitattiin aallonpituuksilta 0.69 m - 31.4 m.

6 TULOKSET

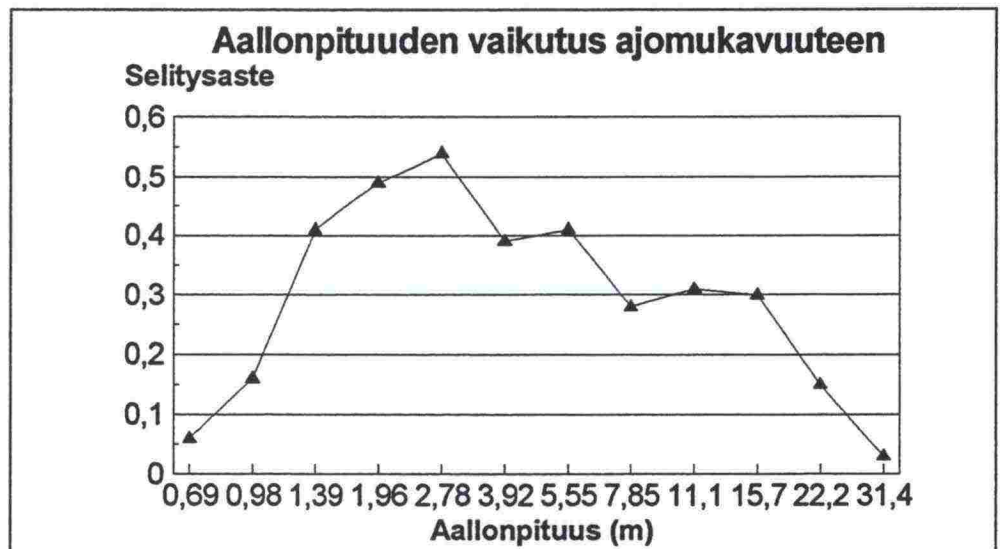
6.1 Käytetyt muuttujat

Tasaisuusmittarin tuloksista eli eri aallonpituuksien epätasaisuuskertymistä pyrittiin muodostamaan erilaisia painotettuja summia, jotka kuvaisivat mahdollisimman hyvin tienkäyttäjän kokemaa ajomukavuutta, ja samalla korreloisivat voimakkaasti ajomukavuudesta annetun arvosanan kanssa.

Ajopaneelistä saaduista arvosanoista laskettiin keskiarvot kullekin koeosuudelle (Liite 3). Henkilökohtaisia arvosanoja keskistettiin jakamalla kunkin henkilön antama arvosana koko aineiston keskiarvon ja henkilön kaikkien arvosanojen keskiarvon suhteella. Tällä muutoksella saatiin poistettua henkilöiden arvioiden välillä olevaa tasoeroa, mikä johtui siitä, että eri koehenkilöt asettivat vaatimustason hieman eri tasoille.

Tasaisuusmittarin tuloksista tutkittiin aluksi yksittäisten aallonpituuksien vaikutusta ajomukavuuden keskiarvoihin. Kukin aallonpituus korreloitiin ajomukavuuden arvosanan kanssa ja korrelaatioille laskettiin selityssasteet (= korrelaatiokertoimien neliöt). Kuvasta 2 nähdään, että

ajomukavuutta selittävät parhaiten alueella 1 - 10 metriä olevat epätasaisuudet. Erittäin lyhyet aallot vaimenevat auton iskunvaimentimiin ja pyöriin. Pitkien aallonpituuksien epätasaisuudet, eli heijaukset, sekoittuvat tien geometriaan eivätkä häiritse ajomukavuutta.



Kuva 2. Yksittäisten aallonpituuksien selitysasteet

Koska työn tavoitteena on löytää yksi muuttuja, joka kuvaisi sorateiden ajomukavuutta, pyrittiin tasaisuusmittausten perusteella muodostamaan eri aallonpituuksista vaihtoehtoisia summamuuttujia, jotka kuvaisivat sekä tien epätasaisuutta että ajomukavuutta. Muuttujien aallonpituusalueiden painokertoimet ovat taulukossa 4. Mitä suurempi kaistan painokerroin on, sitä herkemmin kyseisen aallonpituuden oletetaan vaikuttavan ajomukavuuteen. Käsittelyyn päätettiin ottaa seuraavat muuttujat:

IRI

International Roughness Index, Maailmanpankin standardi-IRI. Tämä mittari on yleisesti käytössä päällysteyillä teillä useassa maassa, mutta sen soveltuvuutta sorateille ei varmasti tunneta.

IRI10

IRI, josta on leikattu pois pitkät, yli 10 m:n aallonpituudet. Pitkät epätasaisuudet on poistettu, sillä tienpitäjän hoitotoimilla niihin on vaikea vaikuttaa. Oletuksena on, että IRI10 soveltuisi IRIä paremmin sorateiden hoidon laadunseurantaan.

IRI60

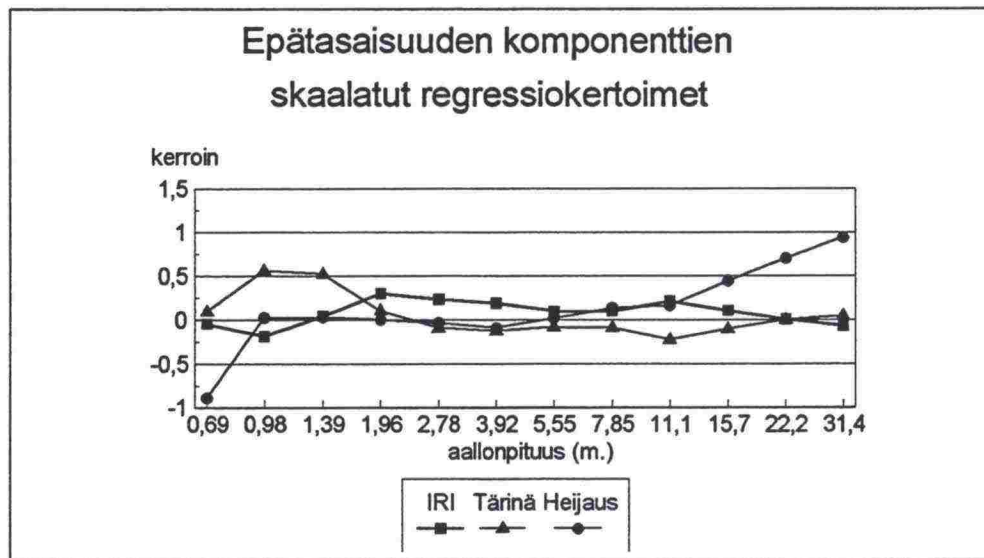
IRI, joka on kalibroitu nopeudelle 60 km/h toisin kuin standardi-IRI, joka on kalibroitu nopeudelle 80 km/h. IRI60:n oletetaan sopivan paremmin sorateiden pienempiin ajonopeuksiin.

Summa

Epätasaisuuksien suora summa eli kaikki aallonpituudet saavat painokertoimen 1. Tämän muuttujan arvellaan kuvaavan tien yleistä epätasaisuutta ja epämukavuutta.

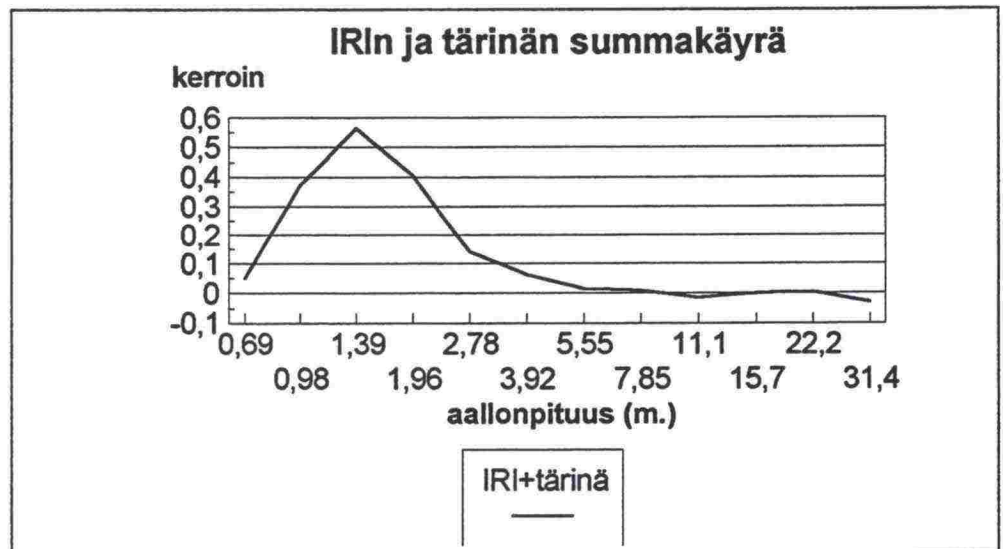
Faktori

Faktorianalyysin perusteella muodostettu muuttuja. Tällä tilastollisella menetelmällä etsittiin eri epätasaisuuksien aallonpituuksista keskenään korreloimattomia komponentteja. Kuvassa 3 on esitetty eri aallonpituuksien kertoimet näille kolmelle komponentille. Saadut komponentit voidaan nimetä seuraavasti: "IRI", joka kuvaa hie-
man IRI:n tyyppisesti yleistä epätasaisuutta; "tärinä", jossa painottuvat lyhyet aallonpituudet; ja "heijaus", johon latautuvat vain pisimmät aallonpituudet.



Kuva 3. Komponenttien kertoimet eri aallonpituuksille

Lopulliseen tarkasteluun otettiin näistä kahden ensimmäisen eli "IRIn" ja "tärinän" summa, sillä pitkien aallonpituuksien eli "heijauksen" vaikutus selitysasteeseen oli vain yhden prosentin luokkaa.



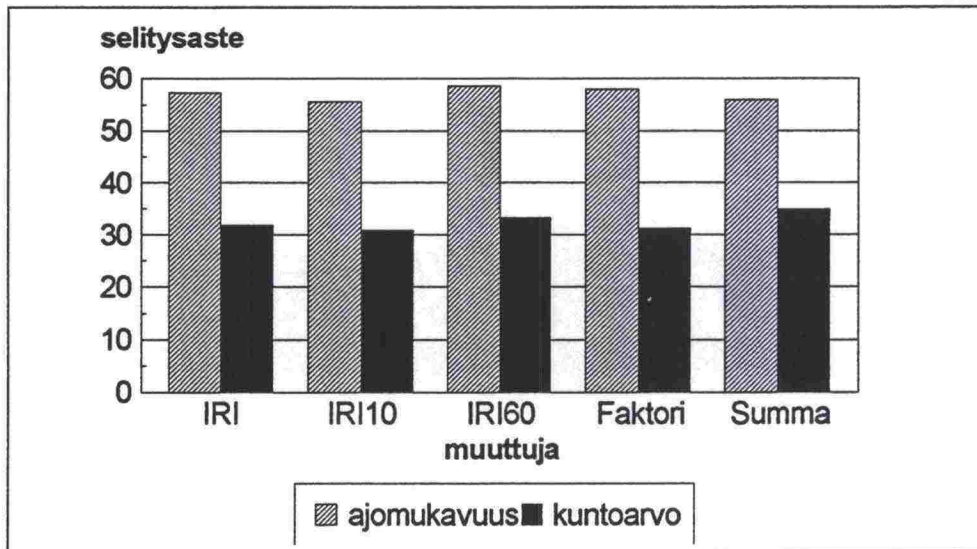
Kuva 4. IRIn ja tärinän summakäyrän kertoimet eri aallonpituuksille

Taulukko 4. Aallonpituusalueiden painokertoimet eri muuttujilla

Aallonpituus	IRI10	IRI60	IRI	Summa	Faktori
31,4	0	0,2	0,44	1	0,05
22,2	0	0,5	1,05	1	0,37
15,7	0	1,15	1,55	1	0,57
11,1	0	1,52	1,35	1	0,41
7,85	1,13	1,27	1,19	1	0,14
5,55	1,03	1,13	1,17	1	0,06
3,92	1,02	1,02	1,24	1	0,02
2,78	1,04	1,02	1,45	1	0,02
1,96	0,76	1,03	1,1	1	-0,01
1,39	0,25	0,63	0,41	1	0
0,98	0,08	0,2	0,2	1	0,01
0,69	0	0,06	0	1	-0,03

6.2 Analyysin tulokset

Kunkin valitun muuttujan selitysasteet sekä ajomukavuuden että kuntoarvon kanssa on kerätty kuvaan 5.

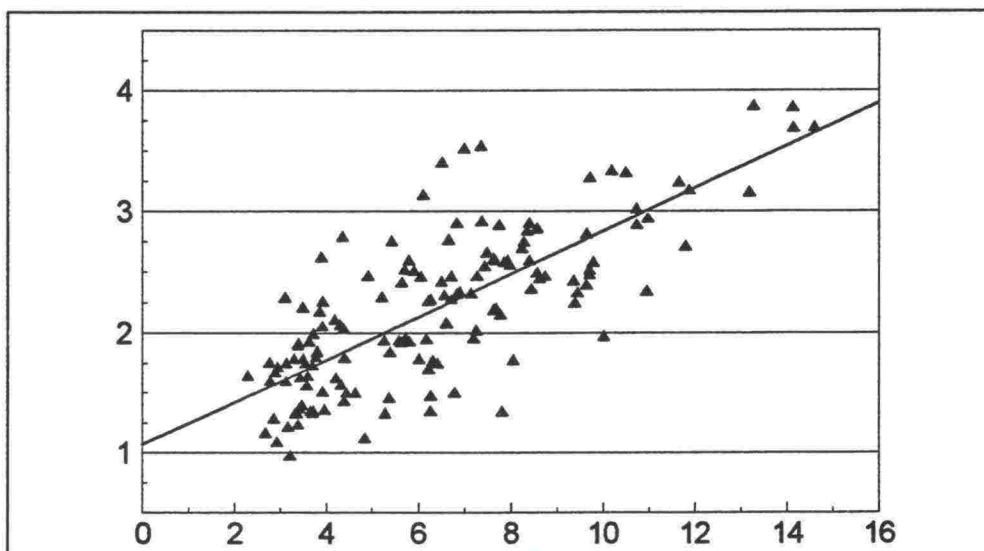


Kuva 5. Eri tasaisuusmuuttujien selitysasteet

Tuloksista nähdään selvästi, että kaikkien muuttujien selitysasteet ovat samaa luokkaa, joten tilastollisesti on lähes samantekevää, mikä muuttuja otetaan mallin pohjaksi jatkossa. Koska mikään kokeilluista uusista selittäjistä ei ollut olennaisesti parempi kuin perinteinen IRI, jatkotarkastelut tehdään IRIn pohjalta.

Lopullinen malli ajomukavuuden ja IRIn välille on seuraava:

$$\text{ajomukavuus} = 1.066 + 0.177 \cdot \text{IRI} \quad (1).$$



Kuva 6. Ajomukavuuden ja IRI:n välinen riippuvuus

Kun tästä mallista lasketaan luokkarajat eri ajomukavuusluokkien välille, saadaan seuraavat rajat:

Taulukko 5. Tasaisuusluokitus

LUOKKA	KUVAUS	IRI mm/m
I	Tie on tasainen, joskin siinä voi olla satunnaisia kuoppia. Ajaminen on miellyttävää.	≤ 2.5
II	Tiessä on kuoppia tai vähäistä epätasaisuutta, joka ei juurikaan vaikuta ajomukavuuteen. Kuopat on helppo väistää.	2.6 - 8.1
III	Tiessä on kuoppia tai kohoumia, joiden vuoksi tien pintaa on tarkkailtava ja ajo- linjoja vaihdettava. Ajomukavuus heikenee yksittäisten keinahdusten tai jatkuvan pienen tärinän vuoksi.	8.2 - 13.8
IV	Ajonopeus pienenee, koska kuoppia, kohoumia ja "pyykkilautaa" on niin paljon, että niitä ei voi väistää tai on väisteltävä jatkuvasti. Auto keinahtelee ja tärisee. Ajaminen on epämiellyttävää.	>13.8

Tuloksista nähdään, että luokat 1 ja 2 ovat kovin lähellä toisiaan, sillä raja on sorateiden tason huomioon ottaen erittäin matalalla, tasolla 2.5. Luokkarajat 8.1 ja 13.8 vaikuttavat realistisemmilta ja käyttökel- poisimmilta sorateiden kuntostandardia laadittaessa.

7 IRI JA KUNNOSSAPIDON LAADUNSEURANTA

Kuva 6 esittää ajopaneeleissa 100:n tieosuuksille annettujen ajomu- kavuus-arvosanojen keskiarvojen ja IRI-tasaisuuden välistä riippu- vuutta. Kuvasta voidaan havaita esimerkiksi, että niiden tieosuuksien, joiden ajomukavuusarvosana on välillä 1.5 - 2.0 eli luokkaa "hyvä" - "melko hyvä", IRI-arvot ovat vaihdelleet välillä 2.2 - 10 mm/m.

Tämä selittyy sillä, että IRI:n laskennassa ovat mukana aallonpituudel- taan jopa yli 30 metriset epätasaisuudet (ks taulukko 4). Tällöin mut- kainen tai mäkinen tieosuus voi saada IRI-arvon 10 vaikka pinnassa ei olisi juuri lainkaan ajomukavuutta heikentäviä kuoppia tai kohoumia.

Tienpitäjän kannalta on ongelmallista, että soratien kunnossapittoi- menpiteillä (soratien taseus ja paikkaus sekä sorastus) on hyvin vä- häinen vaikutus yli 10 metriä pitkiin epätasaisuuksiin. Näin ollen IRIä ei sellaisenaan voi pitää kunnossapidon laadunseurantamittarina.

Projektiryhmä ehdottaa alustavasti, että sorateiden tasaisuutta käytet- täisiin kunnossapidon laadunseurannassa (pölyn ja irtoaineksen mää- rien seurannan ohella). Seurantamittari olisi kesän IRI-mittaustulok- sen ja edellisen syksyn mittauksen eli syys-irin välinen muutos.

Syys-iri olisi syyskunnostustoimenpiteiden jälkeen mitattu tieosittai- nen IRI-keskiarvo. Kesän mittaustuloksella taas tarkoitetaan arvostel- tavan kunnossapitokauden tieosittaisia IRI-keskiarvoja.

Ehdotus perustuu siihen, että syyskunnostuksen jälkeen soratie on niin tasainen kuin se ilman parantamistoimenpiteitä voi olla. Seuraa- van kesän IRI-arvojen ja syys-irin välinen muutos kuvaa siis sitä epä- tasaisuuden lisäystä, johon kunnossapitotoimenpiteillä voidaan mer- kittävästi vaikuttaa.

8 SUOSITUKSET JATKOTOIMIKSI

Tutkimus osoittaa, että soratien pitkäikäistasaisuus kuvaa hyvin tien- käyttöajan ajomukavuutta ja että kansainvälinen tasaisuusindeksi IRI on sopiva tasaisuustunnusluku. Soratien kunnossapidon

laadunseurantaan IRI ei sellaisenaan sovellu. Tähän tarkoitukseen suositellaan käytettävän IRI-mittauksen ja edellisen syys-irin välistä muutosta.

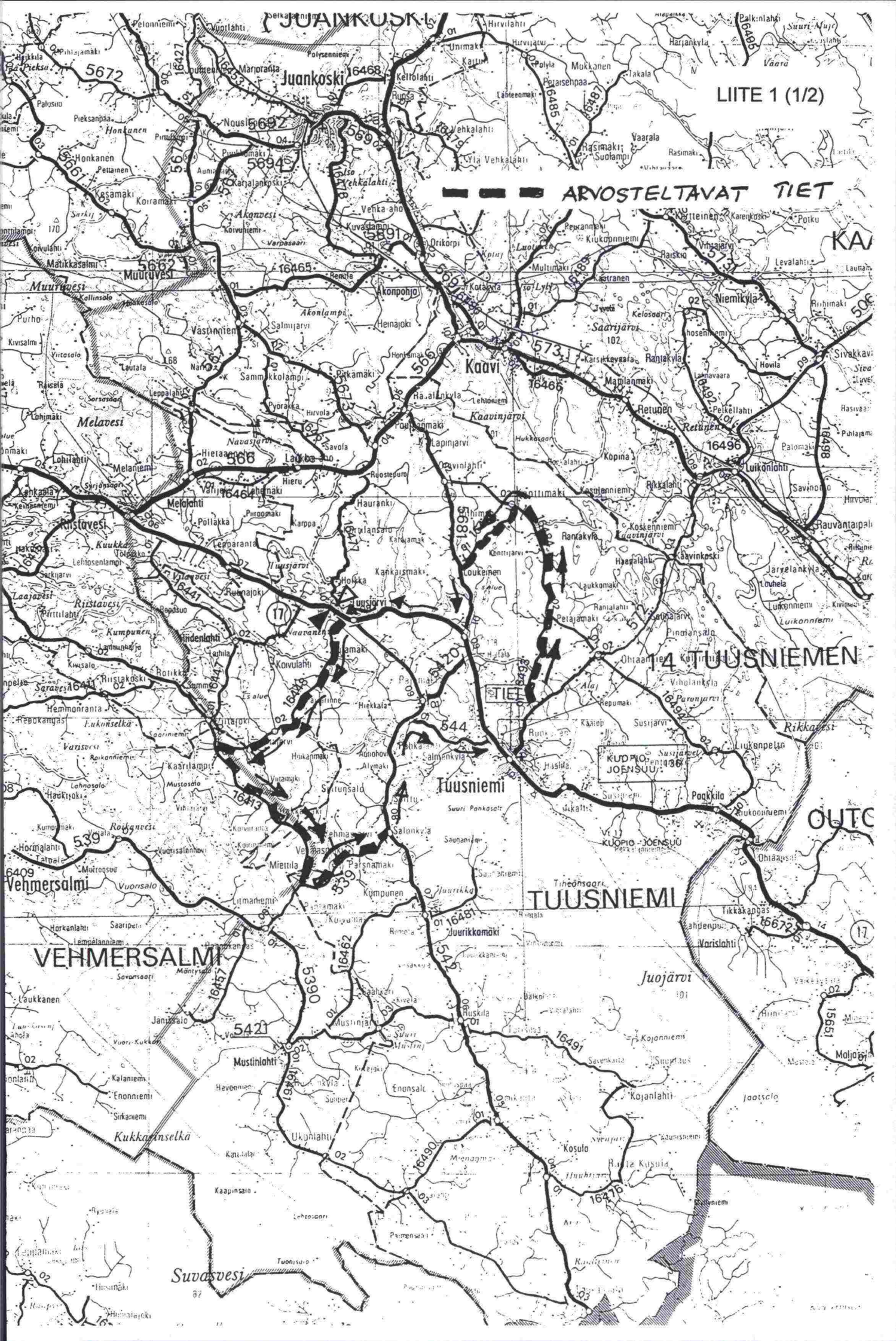
Ennen kuin kyseiset tunnusluvut voidaan ottaa mukaan kunnossapidon laatumäärittäykseen, on tutkittava tai selvitettävä seuraavia asioita:

-
- sorateiden keskimääräinen tasaisuus eri vuodenaikoina
- epätasaisuuden keskimääräinen kasvunopeus
- kunnossapitotoimenpiteiden vaikutus soratien epätasaisuuteen ja sen kasvunopeuteen
- tasaisuuden mittauksessa käytettävät ajolinjat ja mittaus-
- ten toistettavuus.

Tasaisuusmittaukseen perustuvia laatumäärittäyksiä testataan vuonna 1996 eräissä sorateiden kunnossapidon alueurakoissa siten, että urakan arvomuutosperusteet sidotaan IRI-mittaustuloksiin.

LÄHDELUETTELO

- 1 Hiltunen, Kari ja Salmela, Tiina. *Sorasteiden kehittämistarpeiden kartoitus*. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1995.
- 2 Simomaa, Kimmo. *Tien tasaisuusanalysointia*. Käyttöohje, 14.2.1995. CCD-Fotoniikka Oy.



JUANKOSKI

LIITE 1 (1/2)

ARVOSTELTAVAT TIET

KA

14 TUUSNIEMEN

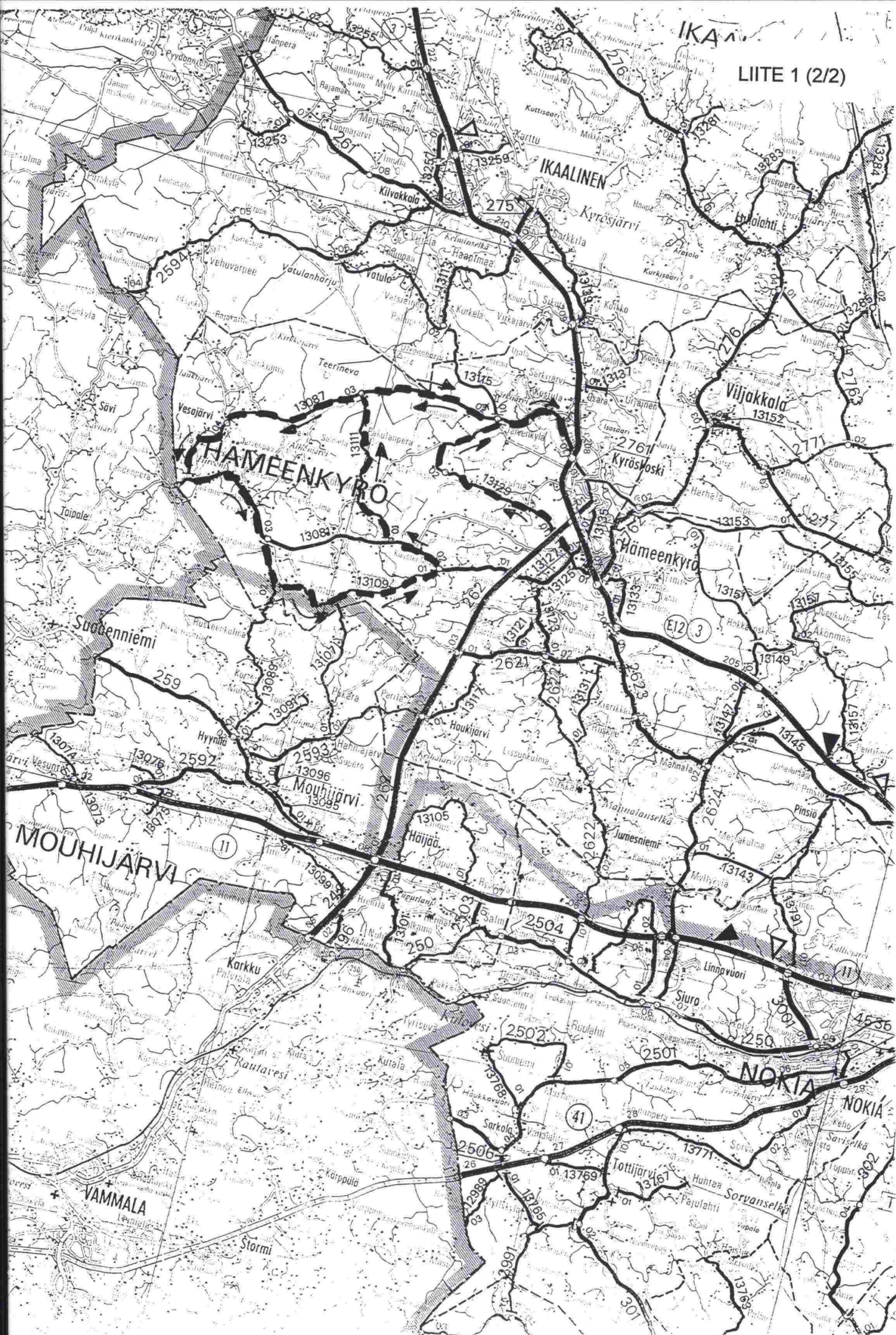
KUOPIO-JOENSUU

TUUSNIEMI

OUTO

VEHMERSALMI

Suvasvesi



AJOPANEELIEN OSALLISTUJAT:

Hämeenkyrö
30.5.1995

Taina Rantanen
Harri Saarinen
Anja Laine
Pekka Järvinen
Ari Aro
Terttu Mäkelä
Tapio Salonen
Asko Hyvärinen
Matti Liettä
Hannu Vainio
Armi Hänninen
Armi Järvinen
Tuula Luhtalampi
Jorma Lahti
Raija Kreutzer
Juhani Elo
Juha Välikangas
Jari Rauhala
Mikko Laitinen
Päivi Happonen
Jaakko Kivistö
Markku Vuorela
Ensio Lahdensuo

Tuusniemi
23.5.1995

Esko Ruotsalainen
Janne Ruotsalainen
Kalevi Koski
Kaija Siponen
Juhani Matilainen
Kaarlo Kekäläinen
Unto Itkonen
Martti Kinnunen
Aukusti Laitinen
Mikko Tinkala
Ahti Varis
Kirsti Tuomainen
Reino Hiltunen
Vilho Miettinen
Raimo Räsänen
Väinö Lauerma
Mikko Poutiainen
Hannu Halme
Antero Keinänen
Taavetti Miettinen
Unto Siili
Paula Matilainen
Sinikka Nykänen

HÄMEENKYRÖN AJOPANEELIN ARVOSANAT

Kohde	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H26	Keskiarvo	Hajonta
1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2		1,38	0,50
2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2		1,23	0,43
3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2		1,19	0,40
4	2	2	1	2	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3	2		1,69	0,68
5	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1		1,35	0,56
6	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	3	3		1,81	0,69
7	2	3	1	2	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	3		1,88	0,65
8	2	2	1	2	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2		1,65	0,63
9	2	2	1	1	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3		1,88	0,71
10	2	2	1	1	1	2	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	3		1,73	0,60
11	3	4	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	3	3		2,58	0,64
12	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3		2,42	0,50
13	3	4	3	2	2	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3		2,81	0,69
14	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	3	3		1,96	0,60
15	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3		2,35	0,49
16	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3		2,35	0,56
17	3	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	4	4	2	4		3,15	0,67
18	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3		2,31	0,47
19	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	3	2	2		1,77	0,59
20	2	4	3	2	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3		2,58	0,70
21	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2		2,27	0,45
22	2	2	2	2	2	4	2	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3		2,27	0,60
23	3	2	3	2	2	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	3	3	3		2,65	0,63
24	3	4	3	3	2	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2	3	3	3		3,19	0,57
25	2	3	3	2	2	4	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3		2,42	0,58
26	3	4	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	3	3		2,65	0,63
27	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4		3,58	0,50
28	3	4	3	3	2	4	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4		3,04	0,60
29	1	2	1	2	1	3	3	2	2	1	1	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2		1,73	0,67
30	3	4	3	3	2	4	4	3	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4		2,96	0,66

HÄMEENKYRÖN AJOPANEELIN ARVOSANAT

Kohde	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H26	Keskiarvo	Hajonta
31	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	3	3		1,65	0,63
32	2	3	3	3	2	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	4		2,62	0,64	
33	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	2	3	4		3,38	0,57	
34	3	4	3	2	2	4	3	4	4	2	3	2	3	3	4	4	2	3	3	2	2	3	2	3	4		2,92	0,80	
35	3	3	2	3	2	4	4	3	3	3	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	4	4		2,96	0,66	
36	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4		3,77	0,43	
37	2	1	1	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2		1,58	0,58	
38	2	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2		2,23	0,51	
39	3	4	3	2	2	4	3	2	4	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	3		2,77	0,65	
40	1	2	2	1	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1		1,38	0,64	
41	3	4	3	3	2	3	4	3	4	2	2	2	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	3		2,96	0,66	
42	2	2	2	2	2	3	3	3	4	2	2	2	2	1	3	2	3	2	3	2	2	3	2	1	3	3		2,35	0,69
43	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2		1,31	0,47	
44	3	3	2	2	2	3	3	2	4	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	3	3	3		2,35	0,63	
45	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	1	2	3	3	3		1,96	0,53	
46	3	4	2	2	1	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3		2,54	0,65	
47	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	1	2	3	3	3		2,31	0,55	
48	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3		1,96	0,45	
49	2	3	2	2	1	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3		2,12	0,59	
50	2	3	2	1	1	2	3	2	3	1	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	1	2	2	3	3		1,96	0,72	
51	1	2	1	1	1	2	2	2	3	1	1	1	2	1	2	2	1	3	1	1	1	1	2	1	1		1,50	0,65	
52	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1		1,35	0,49	
53	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1		1,54	0,58	

TUUSNIEMEN AJOPANEELIN ARVOSANAT

Kohde	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	11	H19	H20	H21	H22	Keskiarvo	Hajonta
31	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1,55	0,51
32	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2,23	0,53
33	2	2	1	2	2	1	2	2	3	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1,68	0,57
34	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2,50	0,51
35	3	3	3	3	3	3	2	4	4	3	3	3	2	3	3	4	2	3	3	4	3	3	3,05	0,58
36	2	2	2	3	2	2	3	3	4	2	2	2	2	2	1	3	2	3	3	3	2	2	2,36	0,66
37	1	2	1	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	3	1	2	2	2	1	2	1,91	0,61
38	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1,59	0,59
39	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2,32	0,48
40	1	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	3	2	3	2	2	1	2	2,05	0,58
41	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	2,14	0,56
42	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2,59	0,50
43	1	2	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	1	3	1	2	1	2	1	2	1,73	0,63
44	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	3	2	3	2	3	3	2	2,55	0,60
45	2	2	1	3	2	3	2	3	3	2	2	2	1	2	1	3	1	3	1	3	2	2	2,09	0,75
46	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	1	3	2	3	2	3	2	3	2,14	0,56
47	3	3	3	3	3	4	3	4	4	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3,27	0,55
48	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	1	2	2,23	0,53
49	3	3	3	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	4	1	3	2,73	0,70
50	1	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	1,95	0,58
51	2	2	3	3	3	2	2	3	4	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	4	1	2	2,50	0,74
52	1	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	3	1	2	1,73	0,63
53	3	3	3	3	4	2	2	4	4	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3,18	0,66

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 35/1995 Auton yhdyskunta; Maankäytön ja liikenteen selvityksiä. TIEL 3200312
- 36/1995 Muuttuvien kelivaroitusmerkkien vaikutukset liikennekäyttämiseen Turun tiepiirissä talvella 1993-1994. TIEL 3200313
- 37/1995 Tuntiliikenteen vaikutus liikenneturvallisuuteen. TIEL 3200314
- 38/1995 Liikenneturvallisuus ja tienpidon vaihtoehdot; Tutkimus erilaisten intressiryhmien näkemyksistä; Tulosraportti. TIEL 3200315
- 39/1995 Liikenneturvallisuus ja tienpidon vaihtoehdot: Menetelmäraportti. TIEL 3200316
- 40/1995 Pääkaupunkiseudun kulkutapamallien siirrettävyys Ouluun. TIEL 3200317
- 41/1995 Rantasalmen taajamatien parantaminen; Yhteenveto seurannasta. TIEL 3200318
- 42/1995 Visio tiiviistä moottorikadusta. TIEL 3200323
- 43/1995 Tukitelineperustusten kantokyky. TIEL 3200319
- 44/1995 Kaltevan maanpinnan vaikutus perustusten kantokykyyn. TIEL 3200320
- 45/1995 Maanvaraisten perustusten kantokyvyn laskenta elementtimenetelmällä. TIEL 3200321
- 46/1995 Vuosien 1986-1992 henkilöliikennetutkimusten vertailu. TIEL 3200322
- 48/1995 Alueiden kehittäminen ja tiensuunnittelu. TIEL 3200325
- 49/1995 Väylien ja maankäytön suunnittelun vuorovaikutus. TIEL 3200326
- 50/1995 Liikenne- ja autokantaennuste 1995-2020. TIEL 3200327
- 51/1995 Liikenneturvallisuus yleisillä teillä v. 1989-93. TIEL 3200328
- 52/1995 Liikenteen seuranta ja häiriöiden havaitseminen. TIEL 3200329
- 53/1995 Niitto- ja vesakonraivaustöiden turvallisuus. Tuotannon palvelukeskus, Kuopion kehitysyksikkö
- 54/1995 Veittotensuon koerakenteen toiminta ja laadun arviointi. TIEL 3200330
- 55/1995 Alempiasteinen tieverkko ja kylien elinvoimaisuus. TIEL 3200331
- 56/1995 Yhteenveto tutkimusohjelman julkaisuista (Talvi ja tieliikenne -projekti) TIEL 3200332
- 57/1995 Yhteenveto tutkimusohjelman julkaisuista (Talvi ja tieliikenne -projekti), englanninkielinen. TIEL 3200332E
- 58/1995 Kestävän kehityksen tierakenteet - Ideakilpailu. TIEL 3200333
- 59/1995 Laatukriteerien määrittäminen laatuvarusturakentamista varten. TIEL 3200334
- 60/1995 Tien rakenteellisten hidastimien vaikutus ajodynamiikkaan. TIEL 3200335
- 61/1995 Tie maaseudun mahdollisuuksiin. TIEL 3200336